

IV. *Fünf und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersungen über Elektrizität;
von Michael Faraday.*

(Aus gleicher Quelle wie die vorhergehende Abhandlung.)

I. Nicht-Ausdehnung gasförmiger Körper durch
Magnetkraft.

2718. **K**einem Zweifel kann es unterliegen, daß die magnetische, die diamagnetische und die magneoptische oder magnekrySTALLISCHE Kraft, bei vollendeter Kenntniß, sich uns als Eine Kraftform oder als wesentlich einerlei ergeben werden. Das verleiht dann dem Studium irgend einer dieser Kräfte ein großes Interesse; denn wie stark sie auch in besonderen Punkten von einander abweichen, so ist doch kaum möglich, daß die Einsicht in die eine, ohne einen entsprechenden Fortschritt in der Kenntniß der anderen bleiben sollte. Angetrieben durch solche Betrachtungen, habe ich mich, wie Plücker, Weber und Reich, bemüht, die Wirkungsweise diamagnetischer und magnekrySTALLISCHER Körper mit einigen Graden von Genauigkeit auszumitteln, wovon die letzte Untersuchung (2640 etc.) über diese Frage von einer Polarität der diamagnetischen Körper, die der des Eisens entgegengesetzt sey, eins der Resultate war.

2719. Nachdem ich jedoch das Daseyn einer solchen Antipolarität vergebens aufgesucht, und dagegen gezeigt habe, wie ich glaube, daß die von dieser abgeleiteten Erscheinungen aus anderen Ursachen entspringen, bin ich veranlaßt worden, um etwas Genaueres über die Natur der diamagnetischen Körper zu erfahren, eine andere Idee zu verfolgen, welche durch die magnetischen und diamagnetischen Phänomene der Gase hervorgerufen war. Die dadurch erlangten Resultate sollen Gegenstand der vorliegenden Abhandlung seyn.

2720. Bancalari hat zuerst gezeigt, daß die Flamme diamagnetisch ist ¹). Die Wirkung rührt, wie ich bewiesen habe, von dem heißen Zustand des gasigen Theils der Flamme her ²). Allein außerdem scheinen die Gase in gewöhnlichen Temperaturen diamagnetisch seyn zu können, und dabei auch sehr von einander abzuweichen ³), so daß z. B. Stickstoff und mehre andere Gase stark diamagnetisch sind gegen gemeine Luft, der Sauerstoff aber das Ansehen eines magnetischen Körpers hat, denn während ersterer abgestossen wird aus dem Ort der stärksten Kraft des Magnetfeldes, wird letzterer dahin gezogen.

2721. Erinuert man sich des allgemeinen Gesetzes der Wirkung magnetischer und diamagnetischer Körper, daß die ersteren von schwächeren zu stärkeren, und die letzteren von stärkeren zu schwächeren Orten der Magnetkraft zu gehen trachten, und wendet man dieses Gesetz auf Körper wie Gase an, die zugleich sehr elastisch sind und ihr Volum durch Hinzufügung sehr kleiner Kraftgrade verändern, so scheint zu folgen, daß ein diamagnetisches Gas, weil seine Theilchen durch die Magnetkraft von Orten stärkerer Wirkung zu Orten schwächerer getrieben werden, sich im magnetischen Felde ausdehnen müsse. Denn der Kraftbetrag, mit welchem die Theilchen aus der Axe des Magnetfeldes zu weichen suchen, würde sich der Expansivkraft hinzufügen, durch welche sie vorhin dem Druck der Atmosphäre widerstanden; dieser Druck würde also zum Theil durch eine neue Kraft aufgewogen werden und davon wäre eine Ausdehnung das nothwendige Resultat. Andererseits wenn ein Gas magnetisch wäre, wie z. B. der Sauerstoff, würden die Theilchen desselben, vermöge der von der Magnetkraft direct auf sie ausgeübten Wirkung, gegen die Axe des Magnetfeldes getrieben werden, und indem diese Wirkung sich dem atmosphärischen Druck ad-

1) *Phil. Magazine* 1847 Vol. XXXI. p. 401. (Ann. Bd. LXXIII, S. 256.)

2) *Ibid.* p. 404. (Ann. Bd. LXXIII, S. 261.)

3) *Ibid.* p. 409. (Ann. Bd. LXXIII, S. 268.)

dirte würde eine Zusammenziehung oder Volumsverringering erfolgen.

2722. Wenn sich diese Voraussetzungen als richtig erwiesen, würden wir zur Kenntniss des wahren Nullpunktes (2416. 2432. 2440.) gelangen können ¹⁾, nicht allein bei Gasen, sondern auch bei allen anderen Körpern; wir würden im Stande seyn zu sagen, ob ein Gas, wie Sauerstoff, magnetisch oder diamagnetisch sey, und könnten die Gase und übrigen Substanzen in gehörige Reihenfolge bringen. Bei dem Versuch, zu ermitteln, ob die Luft im Magnetfelde eine Volumsveränderung erleide, hatte ich anfangs kein Resultat erhalten, allein die entgegengesetzte Angabe Plücker's ²⁾ und die große Erweiterung, die unsere Kenntniss von den diamagnetischen Beziehungen der Gase und deren große Unterschiede seitdem erlangte, ermuthigten mich, hierhin weiter zu gehen.

2723. Zunächst bemühte ich mich zu ermitteln, ob eine dem Magnetpol unmittelbar herrührende Schicht von Luft oder sonst einem Gase eine Ausdehnung oder Zusammenziehung erleide, welche auf die Bahn eines Lichtstrahls einwirke und dadurch sichtbar werde. Es wurde daher in einem dunklen Raum vor der Flamme einer hellen Lampe ein Metallschirm mit einem Nadelloch aufgestellt, und somit ein künstlicher Stern oder kleiner wohl begrenzender leuchtender Gegenstand gebildet. Sechs und vierzig Fuß davon entfernt stand der große Hufeisenmagnet (2247), bereit durch 20 Grove'sche Plattenpaare erregt zu werden. Die Pole befanden sich in der Richtung des Lichtstrahls, so daß dieser erst 4 Zoll lang dicht über der Oberfläche des ersten Pols hinweg ging, dann 6 Zoll durch die Luft und nun 4 Zoll entlang dicht über der Oberfläche des zweiten Pols. Ein sehr schönes Fernrohr, Hrn. South gehörig, von 3 Zoll Apertur und 46 Zoll Brennweite, fing

1) Ibid. p. 409. (Ann. Bd. LXXIII, S. 268.)

2) *Ann. de chim. et de phys.* 1850, T. XXIX. p. 134. (Ann. Bd. LXXIII, S. 549.)

den Strahl auf; es war versehen mit einem vortrefflichen Mikrometer, so daß die kleinste Veränderung in dem Orte des Lichtbildes an den Fäden entdeckt werden konnte. Die Axe des Fernrohrs lag eben über dem Niveau der Pole. Allein es war nicht die geringste Aenderung im Charakter oder Ort des Lichtbildes zu beobachten, weder beim Schließen noch beim Oeffnen der den Magnet erregenden Volta'schen Batterie.

2724. Da der hauptsächlichste Theil des zum Fernrohr gelangenden Lichts aus Strahlen bestand, welche in einiger Entfernung über den Magnetpolen fortgingen, so wurden diese durch einen Schirm abgeschnitten, welcher sich auf ein Achtelzoll dem Niveau der Pole näherte, so daß nur innerhalb dieses Abstandes Licht fortgehen konnte. Die Intensität des Lichts war dadurch natürlich verringert und das Bild durch Inflexion verzogen; allein der Ort desselben wurde noch gut durch das Mikrometer angegeben. Die Zulassung oder Entziehung der Magnetkraft bewirkte indess weder darin, noch in sonst einem Charakter die geringste Aenderung.

2725. Die Magnetpole wurden nun so verändert, daß der Strahl zuweilen dicht neben einer langen rechtwinklichen Kante fortging, zuweilen zwischen zwei solchen Kanten, etwas darüber oder darunter und ihnen parallel, zuweilen oberhalb der Verbindungslinie zweier dicht zusammenstehender hemisphärischer Pole; aber weder in diesen Fällen, noch in vielen anderen, hatte die magnetische Wirkung irgend einen Einfluß auf die Bahn des Strahls.

2726. Bei einem anderen Versuch wurde das Fernrohr fortgelassen und statt seiner eine bloße Karte mit einem Nadelloch von $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmesser angewandt. Das Bild des Lichtsterns war im Dunklen durch das Nadelloch zu sehen, und dabei ging jeder zur Bildung desselben beitragende Strahl innerhalb eines Abstandes von $\frac{1}{30}$ Zoll neben der Oberfläche des Magnetpols fort; dennoch konnte kein von der Magnetkraft herrührender Effect beobachtet werden.

2727. Bei einer anderen Anordnung, welche einer der

früher von mir bei den Versuchen über den Diamagnetismus der Gase angewandten analog war ¹⁾, konnte ich die Pole mit verschiedenen Gasen umgeben, und den Strahl auf 2 Zoll seines Laufes durch die Gase leiten, während sie unter dem Einfluß des Magnets standen. Obwohl das Gas des einschliessenden Gefäßes das Bild des Gegenstandes d. h. des Lichtpunktes störte, so war doch leicht wahrzunehmen, daß bei der Erregung des Magnetismus kein neuer Effect hinzutrat.

2728. So wurden angewandt: Sauerstoff, Stickstoff und Steinkohlengas; aber weder eins dieser Gase, noch die Luft selbst, zeigte im Contact mit dem Pol eines sehr kräftigen Magnets eine Ausdehnung oder Verdichtung bis zu dem Grade, daß eine merkliche Aenderung in dem Brechvermögen eingetreten wäre.

2729. Um die erwarteten Volumsveränderungen mit den erlangten Resultaten zu vergleichen, liefs ich den vom leuchtenden Gegenstand zum Auge gehenden Strahl in einem Abstand von $\frac{1}{30}$ Zoll neben einem Eisenstab von 7 Zoll Länge vorbeistreichen, und erhitzte nun den Stab allmählig bis, durch die Ausdehnung der ihn berührenden Luft, die Bahn des Lichtes merklich afficirt wurde; dazu war eine Erwärmung von vielen Graden erforderlich. Wenn bei 60° der Luft, der Stab bis 100° F. erwärmt wurde, war noch keine Wirkung da. Hieraus ergiebt sich, daß die erwartete Volumsveränderung der Luft durch eine directe Messung viel deutlicher geworden wäre als mittelst der Brechkraft, denn sicher würde die Aenderung eines sehr kleinen von 60° bis 100° erwärmten Luftvolums auf erstem Wege sehr sichtbar gewesen seyn. Andererseits wäre auch möglich, daß wenn die Luft oder das Gas vom Magnet afficirt würde, dieß nur in der unmittelbar den Pol berührenden Schicht geschähe, und also große Unterschiede nur längs den Ecken und Kanten vorkämen. Dadurch ward es nothwendig, gerade diese Theile durch einen Lichtstrahl zu untersuchen; es wurde daher mit aller Vorsicht

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* p. 414. (*Ann. Bd. LXXIII*, S. 275.)

die Bahn des Strahls mehr oder weniger gegen die Kanten und Ränder der Pole geneigt, und ebenso wurden die Kanten und Ecken der Pole schwach convex gemacht, um mit dem Versuche jede Veränderung vorzunehmen, die einen magnetischen oder diamagnetischen Effect, sey es einen speciellen, lokalen oder allgemeinen, leichter wahrnehm machen könnten; aber ohne allen Erfolg.

2730. Nach Fehlschlagung dieser Versuche beunrührte ich mich, das Volum der Luft, bevor und nachdem sie der Magnetkraft ausgesetzt worden, zu vergleichen; die Hoffnung auf diese Weise ein Resultat zu erlangen, wenn überhaupt die Magnetkraft eine solche Aenderung bewirken konnte, schien um so gröfser, als bekanntlich die Gase schon in beträchtlichem Abstände von der Oberfläche des Magnets eine starke diamagnetische Einwirkung erleiden, und als Plücker bereits angiebt, eine solche Volumsänderung erhalten zu haben (2722).

2731. Das erste zu diesem Zweck construirte Instrument war folgender Art. Aus zwei Klötzen weichen Eisens von 1 Zoll Dicke und 3 Zoll im Quadrat, mit eben gefeilten Flächen, und einem Kupfer-Blech von 3 Zoll im Quadrat und $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke, dessen mittlerer Theil bis auf 0,3 Zoll vom Rande ringsum herausgeschnitten worden, wurde, indem man letzteres zwischen erstere legte und durch Kupferschrauben zusammenpresste, eine luftdichte Kammer von $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke und 2,4 Zoll im Quadrat gebildet, welche die als Magnetpole dienenden Eisenklötze zu Seiten hatte. Drei Oeffnungen führten zu dem Innern dieser Kammer und waren mit kleinen Hähnen versehen. Durch zwei derselben konnte irgend ein gehörig getrocknetes Gas in die Kammer geführt, oder mittelst eines anderen Gases wieder ausgetrieben werden; die dritte enthielt eine Visirrhöhre (2732) zum Wahrnehmen und Messen der etwa eintretenden Volumsänderungen. Die Ränder der centralen Kupferplatte und die Köpfe der eingelassenen Schrauben waren mit weissen harten Firnis bestrichen,

um die Kammer für alle Umstände, in die sie versetzt werden sollte, vollkommen luftdicht zu machen.

2732. Die Visirröhre bestand aus einem Haarröhrchen von 1,5 Zoll Länge, dessen Durchmesser in der Mitte der Länge weniger als halb so groß wie an den Enden war. Dasselbe war mit einem Ende in einem Sockel befestigt, welcher an dem erwähnten (2731) dritten Hahn geschroben ward. Eine kleine Portion Weingeist, gefärbt durch Cochenille, wurde von einem Streifen Holz oder Glas in das äußere Ende dieses Röhrchens gebracht, von wo es sogleich nach den mittleren oder engsten Theil vorrückte, um daselbst, wie es seyn muß, ein einiges Säulchen zu bilden. Durch Schließen des Hahns ward dieß Säulchen leicht an seinem Ort gehalten, während man die Kammer mit Gas füllte und dessen Druck mit dem der Atmosphäre ausglich. Verschloß man darauf die anderen Hähne und öffnete den Hahn der Visirröhre, so zeigte diese jede durch die Magnetkraft etwa veranlasste Volumsveränderung sogleich an. Um dieser jedoch den höchsten Grad von Empfindlichkeit zu geben, war es nothwendig den flüssigen Cylinder zuvorst rechts und links laufen zu lassen, um das Röhrchen nach beiden Seiten hin anzufeuchten, was leicht durch Hin- und Herneigen der Kammer zu erreichen war. Diese und andere Vorsichtsmaßregeln in Bezug auf Lage, Temperatur u. s. w. können jedoch nur aus Erfahrung erlernt werden.

2733. Diese Büchse wurde nun zwischen den Polen des großen Elektromagnets, mit der Gaskammer in aequatorialer Lage, aufgestellt, und rechteckige Stücke von weichem Eisen, die auf den Magnetpolen ruheten, daran gelegt, so daß eigentlich die inneren Seiten der Luftkammer die Pole bildeten, die also $\frac{1}{16}$ Zoll aus einander waren und 3 Zoll im Quadrat hielten. Das in der Kammer enthaltene Gas war also einer kräftigen magnetischen Action ausgesetzt und sehr kleine Volumsänderungen desselben konnten gemessen werden. Es ist jedoch vielleicht zu bemerken nöthig, daß es einem Felde ausgesetzt war, worin die Magnetkraftlinien überall gleiche Kraft hatten (2463. 2465).

2734. Zunächst wurde *Luft* in die Kammer gebracht, und, nachdem Alles in gehöriger Ordnung war, der Ort der anzeigenden Flüssigkeit mit einem Mikroskop beobachtet. Nun wurde der Magnet aufs kräftigste in Thätigkeit versetzt; die Flüssigkeit bewegte sich ein wenig, wie wenn die Luft etwas ausgedehnt worden wäre; und nach Aufhebung der Magnetkraft kehrte die Flüssigkeit an ihren früheren Ort zurück. Derselbe Erfolg wiederholte sich mehrmals. Der Betrag dieser Veränderung war sehr gering, und man hatte Grund ihn von dem Druck abzuleiten, den der Magnet, wenn er thätig war, gegen die Seiten der Büchse ausübte; denn als später die Büchse in einen Schraubstock gespannt und gepreßt wurde, trat dieselbe Bewegung der Flüssigkeit ein, und als ferner die rechteckigen Eisenstücke (2733) durch einen Untersatz von Holz aus einander gehalten wurden, so daß sie die Büchse nicht absolut berührten und drücken konnten, war der Effect fast auf Null reducirt.

2735. Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Salpetergas wurden nun successiv in die Eisenbüchse gebracht, und mit demselben Erfolg. Zwischen Sauerstoff und den übrigen Gasen zeigte sich kein Unterschied, trotz ihrer großen Verschiedenheit in magnetischer und diamagnetischer Beziehung. Auch Wasserstoff- und Steinkohlengas wurden dem Versuch unterworfen, allein wenn diese Gase sich in der Büchse befanden, erfolgte ein langsames Zurückweichen der anzeigenden Flüssigkeit, herrührend, wie ich fand, von einer Absorption der Gase entweder durch den Firnis oder den Kitt oder den Kork an der Visirröhre oder den Fugen der Büchsen. Die Empfindlichkeit der Visirröhre war hierdurch einleuchtend; allein wenn der Effect in Rechnung gezogen ward, ergab sich, daß diese Gase ebenso wenig als die übrigen durch magnetischen Einfluß in ihrem Volum geändert worden waren.

2736. Der Durchmesser der Visirröhre an der Stelle wo sich die Flüssigkeit befand, betrug etwas weniger als 0,01 Zoll. Der Betrag einer Bewegung gleich 0,01 Zoll war

war leicht ermittelt. Aus dem Vergleich dieser Zahlen mit der Räumlichkeit der Gaskammer ergab sich, dafs, wenn das Gas sich nur um 0,00001 ausgedehnt oder zusammengezogen hätte, das Resultat sichtbar gewesen seyn würde, ebenso wie jeder Unterschied von diesem Betrage zwischen Sauerstoff und Stickstoff oder den übrigen Gasen; aber *kein Effect oder Unterschied der Art kam zum Vorschein.*

2737. Da mir die Feststellung entweder des *Daseyns* oder der *Abwesenheit* einer Volumsänderung bei Gasen durch magnetischen Einfluß von grofser und fast gleicher Wichtigkeit zu seyn schien, so veranlafste mich dieses zu erwägen, ob der Umstand, dafs in dem oben beschriebenen Versuch die Gase einem Magnetfelde von gleichmäfsiger Kraft ausgesetzt waren (2733), wohl das Aufkommen des gesuchten Effects verhindert haben möchte; denn ein solches Feld ist für das Auftreten der diamagnetischen Phänomene bei starren und flüssigen Körpern das ungünstigste und sie verschwinden fast gänzlich darin. Ich construirte daher einen anderen Apparat, bei dem dieser Umstand entfernt war, und bei welchem, wenn die Theilchen des diamagnetischen Gases durch eine unbekannte Disposition der thätigen Kräfte nur von stärkeren zu schwächeren Wirkungsarten zu gehen trachteten und somit unfähig wären sich in axialer Richtung auszudehnen, sie blofs den aequatorialen Effect zeigen würden.

2738. Aus einem Cylinder von weichem Eisen waren auf der Drehbank die mittleren Theile herausgenommen worden, so dafs er die Gestalt eines Stundenglases oder die der Fig. 10 Taf. I., welche ihn im Drittel seiner Gröfse darstellt, erhalten hatte. Ich erwartete, dafs er, statt der früheren Büchse zwischen den Magnetpolen aufgestellt, vermöge der Continuität des Eisens keine Verkürzung durch den Druck der Pole erleiden, und somit in seinem hohlen Theile die diamagnetischen Phänomene ungehindert auftreten lassen würde. Diefs letztere erwies sich richtig, denn Flamme, Rauch, Wismuth und andere diamagnetischen Sub-

stauzen, dahin gebracht, stellten sich ohne Weiteres aequatorial.

2739. Ein kupfernes Rohr von 2,5 Zoll Länge und 0,1 Zoll Wanddicke wurde dem Eisen angepaßt, über dasselbe geschoben, wie es Fig. 10 zeigt, und mit weichem Kitt vollkommen luftdicht darauf befestigt. Es bildete auf diese Weise eine ringförmige Luftkammer rings um das Eisen, besaß, wie sich fand, eine Capacität von mehr als zwei Kubikzoll und schloß den intensivsten Theil des Magnetfeldes ein. Es war mit drei Hähnen versehen, von denen zwei zum Ein- und Auslassen des Gases dienten, und der dritte den Druck-Anzeiger aufnahm. Unbekleidet konnte dieser Apparat nicht angewandt werden, weil seine Temperatur beständig schwankte; allein nach Umhüllung mit einer dreifachen Lage von Flanell, war seine Temperatur vollkommen constant, und als auch zum Drehen der Hähne hölzerne Schlüssel gebraucht wurden, erwies er sich untadelhaft.

2740. Ehe ich diesen Apparat zu verschiedenen Gasen anwandte, wollte ich wissen, was von dem Vergleiche eines Gases mit einem anderen zu erwarten sey; ich machte also zuvor folgenden Versuch, der auf den relativen specifischen Gewichten des Gases und des Wasserstoffgases beruht. Es ist leicht, in der Luft einer Flasche eine Spur von Ammoniak zu verbreiten, indem man ein Stückchen Papier, das mit einer starken Lösung desselben befeuchtet ist, hineinthat ¹⁾, und eben so leicht ist es, einen Strahl Wasserstoffgas, der eine sehr kleine Menge salzsauren Gases enthält, durch eine horizontale Röhre in die ammoniakalisierte Luft einzuführen. Ist dieß geschehen, so macht sich die Bahn des leichten Wasserstoffes in der schweren Luft sehr deutlich wahrnehmbar; man sieht es, beim Zurückziehen der Horizontalröhre, sich auf einmal aufwärts wenden und rasch in die Höhe steigen, dabei wegen seines, im Vergleich zur Luft, geringen specifischen Gewichts in seinem Fortgang Fäden ziehen.

1) *Phil. Magazine* 1847, Vol. XXXI. p. 415. (Ann. Bd. 73 S. 276.)

2741. Zwei, auf den grossen Magnet gelegte, in Halbkugeln auslaufende Pole wurden nun mit einander in Berührung gesetzt, um mit Luft oder Sauerstoff umgeben zu werden ¹⁾, und in der Mitte des Magnetfeldes, genau unter der axialen Linie, wurde ein Wasserstoffstrom, zum Betrage von 6 Kubikzoll in der Minute, entwickelt. Ohne Anwendung der Magnetkraft stieg der Wasserstoff senkrecht in die Höhe, sich brechend an den Punkten, wo er die hemisphärischen Pole berührte; mit Anwendung der Magnetkraft aber theilte er sich in zwei Ströme, die rechts und links wanderten, und in einigem Abstände von dem Berührungspunkte in die Höhe stiegen. Diese Theilung geschah in einem gewissen Abstand unter der axialen Linie und hier war der Wasserstoff, ungeachtet seiner Steigkraft in der Luft oder dem Sauerstoff, durch die scheinbar abstossende Magnetkraft genöthigt horizontal zu gehen; in ihrem ferneren Laufe kamen die beiden Theile des Gasstromes der axialen Linie nicht näher, sondern bildeten mit dieser eine fast oder ganz concentrische Curve, ähnlich einer Stimmgabel.

2742. Wenn Luft das Magnetfeld einnahm, geschah die Theilung des Wasserstoffstroms bei 0,30 oder 0,32 Zoll unter der axialen Linie; umgab aber Sauerstoff die Pole, so erfolgte sie bei 0,55 Zoll unterhalb derselben Linie; folglich war bei diesen Abständen die Kraft, welche den Wasserstoff horizontal, in Richtung des Radius, von der axialen Linie abwärts zu gehen zwang, gleich dem Unterschied im specifischen Gewichte des Wasserstoffs und respective der Luft und des Sauerstoffs. Bei geringerem Abstände würde die Kraft viel grösser seyn, und in der That, als man den Wasserstoff bei diesen Versuchen näher an der axialen Linie ausströmen liess, wurde er herunter und mit viel grösserer Kraft fort geblasen. Mit Hülfe dieser Data und mit der Annahme, dafs die diamagnetischen Gase blofs in Folge der directen Einwirkung des Magnets, welche sie von stärkeren Wirkungsarten in schwächere treibt, aus der axialen

1) *Phil. Mag.* 1847 *Fol. XXXI.* p. 413. (*Ann.* Bd. 73 S. 274.)

Linie gewichen waren, fand ich, wie ich suchte, Grund zu glauben, daß die diamagnetischen Gase, als sie die Kupferbüchse füllten (2739) durch die Magnetkraft wahrscheinlich wenigstens um $\frac{1}{1000}$ ihres Volums ausgedehnt worden wären. Nun zeigte die Flüssigkeit der angewandten Visirröhren, wenn sie sich in ihnen um 0,01 Zoll bewegte, noch $\frac{1}{1000}$ der Capacität der Büchse an (2736) folglich würde sie sich durch eine Ausdehnung wie die obige um 0,4 Zoll bewegt haben; eine mehr als hinreichende Gröfse, um das Resultat sichtbar zu machen, wenn die fundamentale Annahme richtig wäre.

2743. *Luft* wurde zunächst der Kraft des grofsen, durch zwanzig Grove'sche Plattenpaare angetriebenen Hufeisenmagnets in diesem Apparat (2739) ausgesetzt. Die Flüssigkeit bewegte sich, bei Erregung der Magnetkraft, sehr schwach auswärts, wie wenn eine kleine Ausdehnung erfolgt wäre, und bei Fortnahme der Kraft kehrte sie zurück. Dieser kleine Effect entsprang, wie sich späterhin fand, aus der Compression, veranlaßt durch das Streben der Magnetpole sich einander zu nähern (2734).

2744. *Sauerstoff* zeigte genau dieselben Erscheinungen und in gleicher Gröfse, so daß hier also kein magnetischer oder diamagnetischer Effect vorhanden war, sondern nur der einer Compression wie bei der Luft (2743).

2745. *Stickstoff* gab genau dieselben Resultate wie Sauerstoff und Luft. Nun ist Stickstoff wahrscheinlich diamagnetischer als Wasserstoff, und deshalb hätte er einen auffallenden Contrast mit dem Sauerstoff liefern müssen, wenn irgend ein positives Resultat zu erlangen wäre.

2746. *Kohlensäure* und *Salpetergas* lieferten ebenfalls negative Resultate und zwar als der Apparat, wie ich glaube, im untadelhaften Zustand war.

2747. In der *Pharmaceutical Society* befindet sich ein ausgezeichnete Elektromagnet von Hufeisenform, ähnlich eingerichtet wie der meinige (2247) aber weit kräftiger; dieser wurde mir, zur Wiederholung der vorstehenden Versuche in dem Hause der Gesellschaft, gütigst von Hrn.

Redwood zur Benutzung überlassen. Das Eisen, ein sehr weiches und von guter Beschaffenheit, bildet einen quadratischen Stab von 5 Zoll Dicke und die Mittellinie beträgt 50 Zoll. Es ist mit 1500 Fufs Kupferdraht von 0,175 Zoll Dicke bewickelt, die, als ich sie gebrauchte, eine zusammenhängende Länge bildeten. Die beweglichen Polargestücke sind massiv im Verhältniß zu dem Magnet. Zur Erregung dieses Magnets wurden 80 Grove'sche Plattenpaare angewandt, und da sich durch vorläufige Versuche gefunden hatte, daß sie zu zwanzig in vier Reihen mit den analogen Enden verknüpft am wirksamsten waren, so wurde diese Anordnung gebraucht, die also eine Batterie von 20 Plattenpaaren darstellte, worin der eingetauchte Theil jeder Platinplatte 4×9 Quadratzoll betrug und folglich dem Zink eine Fläche von 72 Quadratzoll darbot.

2748. Bei Wiederholung der früheren Versuche (2743) machte sich wiederum die Wirkung des Drucks bemerklich und selbst der Magnet, obwohl 5 Zoll dick, wurde durch die gegenseitige Anziehung seiner Pole etwas gekrümmt. Der Effect war sehr gering wegen des Zusammenhangs (*unity*) des durch die Mitte der Gaskammer gehenden Eisenkerns (2738). Es war der einzige von der Visirrhöhre angezeigte Effect und dieser war gleich für alle Gase; nach Abzug desselben blieb für eine Volumsänderung des Gases selbst nichts übrig.

2749. *Luft, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Salpetergas* wurden nach einander der Wirkung dieses sehr kräftigen Magnets ausgesetzt, aber bei keinem dieser Gase erschien die geringste Spur einer Volumsänderung.

2750. Ich halte diese Versuche in jeder Hinsicht für hinreichend zu entscheiden, daß diese Gase, sie mögen als magnetische oder diamagnetische Körper betrachtet werden oder Körper von beiden Klassen einschließen (denn der Sauerstoff steht zu den übrigen im auffallenden Contrast), durch die Magnetkraft nicht in ihrem Volum geändert werden, sey es in einem Felde von überall gleicher Kraft (2737) oder in einem von sehr ungleicher. Ich halte diese

Entscheidung für sehr wichtig in Bezug auf die wahre Natur der Magnetkraft, sie mag in den Körpertheilchen existiren oder auf dieselben wirken. Und so wie die Kraft sich in dem Magnetfelde nicht als eine centrale, sondern als eine axiale äußert, so ist die fernere Unterscheidung der Erscheinungen in solche, welche der axialen Richtung angehören (2733), und in solche, welche der aequatorialen Richtung angehören oder sie einschließen, nicht unwichtig, denn sie zeigt, daß die Theilchen keine Neigung haben sich parallel oder winkelrecht zu den Linien der Magnetkraft von einander zu entfernen. Ohne die Versuche würde man es gewiß für sehr möglich gehalten haben, daß eine dieser Ausdehnungsweisen und nicht die andere stattfände.

2751. Ohne Zweifel könnten dennoch Volumsänderungen in diesen Richtungen stattfinden, sobald dieselben nur nach einer Richtung in Expansion und nach der anderen in Contraction beständen, und beide von gleichem Betrage wären. Zum Theil wegen solcher möglichen Aenderungen (die als molecular zu betrachten wären) wurden die Versuche mit dem Lichtstrahl (2723. 2729) gemacht, und, sowohl bei diesen als bei anderen Versuchen, ein polarisirter Strahl angewandt. Allein die Resultate waren immer negativ, wenn alle Fehlerquellen entfernt wurden.

2752. Die Unterschiede in dem Grade von diamagnetischer Empfänglichkeit und Beschaffenheit, welche die zu den vorstehenden Versuchen angewandten Gase besitzen oder annehmen können, sind so groß, um die Annahme zu rechtfertigen, daß wenn sie unter der Wirkung des Magnets keine Tendenz zu einer Volumsänderung zeigen, auch sonst kein Gas oder Dampf eine solche zeigen werde, vielmehr alle zu dieser großen Klasse gehörigen Körper in dieser Beziehung gleich seyen. Im Zusammenhange mit diesem Schluß kann ich noch angeben, daß ich mich sowohl früher als noch kürzlich bemüht habe, durch einen sehr empfindlichen Apparat und durch kräftige Elektromagnete zu ermitteln, ob bei Flüssigkeiten wie Wasser,

Alkohol und Eisenvitriollösung eine Volumsänderung hervor-
gebracht werde, ich aber nichts der Art beobachten konnte
und daher an deren Existenz nicht glaube. Noch später
habe ich von der Klasse der soliden Körper Eisen, als
einen magnetischen, und Wismuth, als einen diamagneti-
schen, dieser Untersuchung unterworfen, beide sowohl als
solide Cylinder und als Feilicht oder Bruchstücke. Die
Cylinder waren in Glasröhren gethan, und die Bruch-
stücke in Glasflaschen; letztere waren mit Visirröhren, wie
die beschriebenen (2732), versehen, und der nicht von
Metall eingenommene Theil derselben war bei der einen
Reihe von Versuchen mit Luft und bei der anderen mit
Alkohol gefüllt; aber in keinem Fall liefs sich die geringste
Volumsänderung beim Eisen oder Wismuth beobachten,
einer wie kräftigen Magnetkraft sie auch unterworfen wer-
den mochten.

2753. Noch schien ein anderes Resultat einer Repul-
sionskraft möglich, selbst wenn, gemäß der früheren Vor-
aussetzung (2751), die Tendenz zur aequatorialen Ausdeh-
nung durch eine gleich grofse Tendenz zur axialen Zusam-
menziehung compensirt werden sollte, nämlich, dafs bei
Anwendung von spitzen Polen oder dem schon beschriebe-
nen Stundenglas-Kern, Ströme erzeugt würden, die aus-
wärts oder aequatorial, d. h. in Linien winkelrecht auf
der Magnetaxe gingen, und andere, die zu dieser Linie
einbögen längs den geneigten Flächen der Polar-Enden,
einigermassen denen ähnlich, welche so kräftig auftreten
und so leicht zu verfolgen sind, wenn eine Flamme oder
heifse Luft in Luft, oder der Strom eines Gases in einem
andern Gase betrachtet wird ¹).

2754. Wenn indess das das ganze Magnetfeld einneh-
mende Gas von gleichförmiger Natur und gleicher Tempe-
ratur ist, läfst sich nicht die leiseste Spur von solchen
Strömen beobachten. Es ist nicht leicht, untadelhafte Prüf-

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* p. 402, 404 und 409. (Ann. Bd. 73,
S. 258.)

mittel für solche Bewegungen zu ersinnen, weil sichtbare Körper, die man in solch ein Magnetfeld brächte, um die Bewegungen der Luft nachzuweisen, selber diamagnetisch sind, und wenn sie ein vereinzelt Wölkchen bilden, bewegt und fortgeführt werden, wie ein diamagnetischer Körper; allein auch wenn das ganze Feld ziemlich gleichförmig mit sehr leichten Staubtheilchen oder Lycopodium erfüllt ist, sind bei kräftiger Wirkung des Magnets keine Anzeigen von Strömen sichtbar. Als ich einen schwachen Strom des zertheilten kalten Rauchs einer ausgeblasenen Wachskerze ¹⁾ ein wenig an einer Seite der axialen Linie herabsinken oder aufsteigen liefs, ging er auswärts und aequatorial; allein wie wohl er mit der meisten Kraft auswärts ging, wenn er von den beiden konischen Polen oder den entsprechenden Theilen des doppelten Eisenkerns (2738) gleichen Abstand hatte, so fuhr er doch fort auswärts und aequatorial zu gehen, wenn man ihn einer Seite nahe vorbeistreichen liefs, selbst im Fall er, wegen grosser Nähe der Eisenfläche, sich gleichsam über dieselbe zu bewegen hatte. Diefs zeigt dafs die Tendenz des Rauchs, auswärts zu gehen, in jedem Theil des von der Luft oder dem Gase eingenommenen Magnetfeldes vorhanden war, und dafs also die Bewegung desselben aus der Wirkung des Magnets auf ihn, als diamagnetischen Körper, entsprang und nicht von Luftströmen herrührte, die, wenn sie existirt hätten, an einem Orte einwärts und an einem anderen auswärts gerichtet gewesen seyn würden.

2755. Wenn magnetische oder diamagnetische Flüssigkeiten, nach der sinnreichen Vorrichtung von Plücker, auf einem Glimmerblatt über den Polen, der Magnetkraft ausgesetzt werden, so nehmen sie schnell, entsprechend ihrer Natur, verschiedene Gestalten an, aber eine weitere Bewegung oder Strömung in ihnen findet nicht statt. Ohne Zweifel sind diese Fälle verschieden von denen, wo das gesammte Magnetfeld von einem und demselben Medium eingenommen ist; allein sie unterstützen doch den Schluss, dafs keine

1) Ibid. p. 403. (Ann. Bd. 73 S. 260.)

Ströme gebildet werden. Wenn man dieselben Flüssigkeiten in Glaszellen zwischen die Pole bringt, lassen sich keine magnetischen Ströme wahrnehmen, wenn man auch um dergleichen Vorgänge sichtbar zu machen, zarte Theilchen eingestreut hat.

2756. So läßt sich also weder durch die Wirkung auf einen Lichtstrahl (2729. 2729), noch durch eine Ausdehnung oder Zusammenziehung (2750), noch durch Erzeugung von Strömen (2754), ein Beweis führen, daß der Magnet eine directe Anziehung oder Abstofsung auf die Theilchen der untersuchten Gase ausübt oder daß ihre, thatsächlich nachgewiesene, Bewegung im Magnetfelde von einer solchen unmittelbaren Anziehung oder Abstofsung herrührt.

II. Magnetische Differential-Wirkung.

2757. Was ist denn aber die Ursache der diamagnetischen Ortsveränderung? Der Effect ist offenbar differentialer Art, abhängig von den *Unterschieden* zweier Portionen oder Massen der das Magnetfeld einnehmenden Substanzen, wie Luft und die Ströme eines anderen Gases darin ¹), oder wie Quecksilber und die Luftröhre darin (2407), oder wie Wasser und das Wismuthstück darin (2301), und wiewohl sie sich nur in der Wirkung von Massen zeigen, so müssen doch letztere ihre Unterschiede den Qualitäten ihrer Theilchen verdanken. Indefs ist zu bemerken, daß kein Versuch, vollkommen gemischte Theilchen von sehr verschiedenen Substanzen zu trennen, bisjetzt gelungen ist, obwohl dazu die kräftigsten Magnete angewandt wurden. Sauerstoff und Stickstoff weichen ungemein von einander ab, allein dennoch zeigt sich in einem sehr kräftigen Magnetfelde nicht die geringste Spur von Trennung beider ²). Bei anderen Versuchen habe ich eine verdünnte Eisenvitriol-Lösung in eine Röhre eingeschlossen und dann deren unteres Ende, an einem Ort von vollkommen gleichförmiger

1) *Phil. Mag.* 1847 p. 409. (Ann. Bd. 73 S. 268.)

2) *Ibid.* p. 416. (Ann. Bd. 73 S. 279.)

Temperatur, auf vier Tage zwischen die Pole eines kräftigen Hufeisenmagnets gebracht, aber ohne die geringste auf eine Trennung der Theilchen deutende Anzeige von einer Concentration der Lösung in diesem Ende.

2758. Die diamagnetischen Erscheinungen der Gase, betrachtet als das Differentialresultat der Wirkung von Volumen dieser Körper, lassen sich durch Anwendung von Seifenblasen auf sehr nützliche Weise folgendermassen hervorbringen und untersuchen: Eine Glasröhre wurde mit Kappe, Hahn und Blase versehen, so daß irgend ein in der Blase enthaltenes Gas durch dieselbe gesandt werden konnte; ein Stativ hielt sie in jeder erforderlichen Lage. Das Ende der Röhre war rechtwinklich herabgebogen, und vorn gerade abgeschnitten, wie Fig. 11 Taf. I. in etwas verkleinerter Gröfse zeigt.

2759. Es ist leicht, an dem Ende einer solchen Röhre Seifenblasen von jeder Gröfse bis zu 2 Zoll im Durchmesser zu blasen und durch Wirkung des Hahns die erforderliche Zeit über zu erhalten. Das Seifenwasser bereitet man, indem man einige Schnitzel Seife in etwas kaltes destillirtes Wasser legt; daraus lassen sich die dünnsten und gleichförmigsten Blasen bereiten, welche beweglicher sind als die aus dickeren Lösungen dargestellten, und bei einiger Sorgfalt halten sie sich lange genug für jeden Versuch. Das Ende der Röhre muß vollkommen rein und von heterogenen Substanzen frei seyn (da diese für die Blasen schädlich sind); es muß in- und auswendig mit der Seifenlösung benäfst und *vor dem Gebrauch eine Weile* darin gelassen werden.

2760. Bläfst man an dem herabgewandten Ende der Röhre eine Blase von einem halben Zoll im Durchmesser so wird sie meistens an ihrem Boden etwas überschüssiges Wasser enthalten, und so locker an der Röhre haften, daß sie sich mit großer Freiheit bewegt. Sie wird demgemäfs wie eine Pendel hin und her schwingen, und je nach dem sie mehr oder weniger Wasser am Boden enthält, diese

Schwingungen mehr oder weniger rasch vollziehen; sie wird als Ganzes, mehr oder weniger stark gravitiren und deshalb ihre senkrechte Lage mit mehr oder weniger Stabilität behaupten, alles Umstände, welche für die Anwendung der Blase, als eines magnetischen oder diamagnetischen Anzeigers, sehr nützlich sind.

2761. Die Bestimmung der relativen Wassermenge, welche sich in oder auf der Blase befindet, ist innerhalb gewisser Gränzen leicht gemacht. Wenn man, nachdem die Pfeife in das Seifenwasser getaucht worden, das Ende derselben mit einem ebenfalls in das Seifenwasser getaucht gewesenen Holzstück oder Glasstab berührt, so kann mehr oder weniger der Flüssigkeit fortgenommen werden; und wenn man beobachtet, wie hoch die Flüssigkeit vermöge capillarer Action in der Röhre steht, was zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{2}$ Zoll schwanken kann, so ist es leicht, nach einigen experimentellen Proben zu bestimmen, wie viel erforderlich ist, um eine Blase zu bilden, die mit einer gewissen Menge Wasser beladen ist, und wie wenig man nehmen muß, um eine Blase ohne alles unten anhängende Wasser zu erhalten; und ebenso leicht ist es dann, durch vorheriges Anpassen der Wassermenge, eine Blase von jedem erforderlichen Charakter zu bilden. Selbst wenn kein Wassertropfen an der Blase hängen bleibt, kann man ihr noch eine verschiedene Wanddicke geben.

2762 So wie die Blasen mehr oder weniger Wasser enthalten, werden sie empfindlicher in ihrer Anzeige. Sie schwingen langsamer und werden durch eine seitwärts angebrachte Kraft leichter bewegt. Die diamagnetische Wirkung des sie bildenden Seifenwassers ist geringer; und deshalb die des darin enthaltenen Gases verhältnißmäßig größer. Ist die Blase sehr dünn, so wird die hängende Lage, eine Lage instabilen Gleichgewichts, denn jede Neigung der Röhre oder jede Seitenkraft, wie klein sie auch sey, macht, daß die Blase sich zur Seite begiebt, an der Röhre in die Höhe steigt und daran haften bleibt (Fig. 12 Taf. I.). Die hängende Lage liefert in eingeschlossenen Räumen oder

Atmosphären einen äußerst empfindlichen Anzeiger; und selbst wenn die Blase seitwärts der Röhre anhaftet, bildet sie noch ein sehr schätzbares Instrument, denn sie dreht sich um die Röhre wie um eine Axe; und da sie einen gewissen Grad von Festigkeit besitzt, so kann sie in jeder Lage im Magnetfelde gehalten werden, und durch ihre Bewegung zu oder ab der axialen Linie zeigt sie den Magnetismus oder Diamagnetismus des in ihr enthaltenen Gases in Bezug auf die umgebende Luft sehr gut an.

2763. Wird die Mündung der Röhre aufwärts gekehrt, so lassen sich Blasen von der dünnsten Wanddicke bilden, allein sie sind von sehr instabiler Lage und begeben sich an die Seite der Röhre; sie können als Anzeiger gebraucht werden, wie zuvor (2762). Wird die Mündung erweitert, so kann man es dahin bringen, daß die Blasen, wenn sie dünn sind, an dem Rohrende stehen bleiben, allein da sie an größeren Flächen haften, so erfordern sie zur seitlichen Bewegung mehr Kraft, und verlieren ihre Empfindlichkeit als Anzeiger.

2764. Bei Anwendung solcher Blasen zu einer und derselben Reihe vergleichender Versuche ist es zweckmäßig sie von nahe gleicher Größe und Wanddicke zu verfertigen. Gewöhnlich mache ich sie von einem halben Zoll im Durchmesser. Als ich eine solche Blase mit *Luft* in der hängenden Lage blies, sie in den Winkel des Doppelpols, im Niveau mit der axialen Linie (Fig. 13 Taf. I.) brachte, ward sie, bei Erregung der Magnetkraft durch 20 Grove'sche Plattenpaare, mit einer gewissen Kraft von der axialen Linie auswärts oder aequatorial abgelenkt, und bei Unterbrechung des elektrischen Stroms kehrte sie in ihre frühere Lage zurück. Die Ablenkung war nicht groß und rührte von dem Wasser der Blase her, somit eine Anzeige von dem Betrage dieses Effects gebend, der als Berichtigung bei den Versuchen mit andern Gasen diene.

2765. *Stickstoff in Luft*. Eine Blase voll Stickstoff ging in gemeiner Luft auswärts oder aequatorial mit viel größerer Kraft als eine Blase voll Luft (2764) in sehr auffal-

lender und belehrender Weise. Sie wurde von dem Ende der Röhre zur Seite derselben hinaufgetrieben; und als sie an der Seite der Röhre einwärts liegend der Magnetkraft ausgesetzt ward, ging sie nach der Aufsen- und Außenseite der Röhre und behielt beim Drehen der Röhre diese Lage, so lange die Kraft unterhalten ward. Dieser Effect ist um so auffallender, wenn man erwägt, daß die Luft selbst zu vier Fünfteln aus Stickgas besteht.

2766. *Sauerstoff in Luft.* Der Effect war sehr ausgezeichnet, in dem die Blase heftig und plötzlich einwärts oder gegen die axiale Linie getrieben ward, genau wie wenn der Sauerstoff höchst magnetisch wäre. Das Resultat entsprach der Erwartung, indem es übereinstimmte mit den Erscheinungen, die Sauerstoff und Stickstoff bei einer früheren Untersuchung des Magnetismus der Gase dargeboten hatten ¹).

2767. *Salpetergas und ölbildendes Gas in Luft.* Die Blasen gingen auswärts oder diamagnetisch, mit viel größerer Kraft als von der Wirkung des Wassers der Blase herrühren konnte, was die Beziehung dieser Gase zur Luft beweist und die früher mit Strömen derselben erhaltenen Resultate bestätigt ²).

2768. Es hält nicht schwer, diese Beobachtungsmethode auf Versuche mit Gasen in Atmosphären von andern Gasen als Luft anzuwenden, sobald nur diese der Art sind, daß sie die Blase nicht zerstören; allein ich will die Zeit mit der Auseinandersetzung der Resultate solcher Versuche nicht vergeuden, da sie vollkommen mit den früher erhaltenen übereinstimmen ³). Die gegebene Beschreibung ist vollkommen hinreichend zur Erläuterung des aufgestellten Satzes, daß die Bewegung der Gase in einander, im Magnetfelde, ein Differentialresultat ist.

2769. Derselbe Schluß, daß der Effect ein Differentialresultat der dem Magnetfelde ausgesetzten Massen von

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* p. 410, 415. (Ann. Bd. 73 S. 277.)

2) *Ibid.* p. 411. (Ann. Bd. 73 S. 271.)

3) *Ibid.* p. 414 u. 415. (Ann. Bd. 73 S. 277.)

Materie ist, ergibt sich auch aus der in einem früheren Theil dieser Untersuchungen (2405 — 14) ausgesprochenen Betrachtungen der Fälle von gasigen, flüssigen und starren diamagnetischen Körpern, und ein Schluss gleicher Art kann in Bezug auf magnetische Körper aus den dort (2361 — 68) beschriebenen Versuchen gezogen werden.

III. Magnetischer Charakter des Sauerstoffs, des Stickstoffs und des Raums.

2770. Die Differentialwirkung zweier Portionen von Gasen oder anderen Substanzen läßt sich auf eine weit interessantere und wichtigere Weise als die eben beschriebene genauer untersuchen. Sie kann selbst zur Basis eines Instruments gemacht werden, durch welches sich wahrscheinlich höchst wichtige Angaben und Messungen über magnetische und diamagnetische Wirkungen erhalten lassen, die zu bisjetzt noch ungeahneten Resultaten führen können.

2771. Wenn man zwei Portionen von gasigen oder flüssigen Substanzen zusammen verknüpft auf symmetrische Weise zu beiden Seiten der Magnetaxe in das Magnetfeld versetzt, so werden sie gleichzeitig afficirt. Sind beide diamagnetisch oder weniger magnetisch als das das Magnetfeld einnehmende Medium, so suchen sie auswärts oder aequatorial zu gehen, gleich stark, wenn sie es gleich sind, ungleich stark, wenn sie es verschieden sind. Die Folge davon ist, daß wenn sie zunächst in gleichen Abstand von der Magnetaxe gebracht worden sind, der Hinzutritt der Magnetkraft ihre Lage nicht ändert, sobald sie gleich sind, diese Lage aber geändert wird, sobald sie ungleich sind. Denn die am meisten diamagnetische wird sich auswärts aequatorial bewegen, bis beide in zwei neue Lagen gekommen sind, in welchen die wirkenden Kräfte einander aufheben und ein stabiles Gleichgewicht herbeiführen. Dann kann man die Strecke, durch welche sie sich bewegten, indirect gebrauchen, oder, besser noch, die zur Zurückführung in ihre aequistante Lage erforderliche Kraft direct

anwenden, um die Tendenz abzuschätzen, mit welcher jede aus der Magnetaxe zu gehen suchte, d. h. um ihre relativen diamagnetischen Intensitäten zu bestimmen.

2772. Um Gase einer solchen Untersuchungsweise zu unterwerfen, nahm ich eine sehr dünne und regelmässige Flintglasröhre von etwa $\frac{5}{16}$ Zoll äusserem Durchmesser und nicht mehr als $\frac{1}{16}$ Zoll Wanddicke, und zog zwei gleiche Stücke derselben zu der in Fig. 14, Taf. I. abgebildeten Gestalt aus, deren cylindrischer Theil $1\frac{1}{2}$ Zoll lang war; den einen füllte ich mit Sauerstoffgas, den anderen mit Stickgas, und verschloß dann beide hermetisch. Das Ende des verlängerten Theils von jedem berührte ich, während es noch warm war, mit Siegellak, und befestigte einen Draht daran, und knüpfte diesen in eine Schlinge, ebenfalls dargestellt in voller Grösse. Durch diese wurden die Röhren senkrecht an eine Torsionswaage aufgehängt, so daß die Mitte beider sich im Niveau mit der Magnetaxe befand.

2773. Die Torsionswaage bestand aus einem Bündel von 60 gleichmässig gestreckten Coconfasern, befestigt oben an einer verticalen Axe, die über einer graduirten Platte einen horizontalen Zeiger führte, und unten einen horizontalen Hebel. An dem einen Ende dieses Hebels saß ein horizontaler Querstab von $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge und an den Enden dieses Querstabes, $8\frac{1}{2}$ Zoll vom Mittelpunkt der Bewegung, hingen die beiden Röhren voll Sauerstoff und Stickstoff (2772), aufgewogen durch ein Gegengewicht am anderen Arm des horizontalen Hebels. Das Ganze war in Bezug auf den Elektromagnet, der zur Zeit mit dem Doppelkegelförmigen Anker (2764) versehen war, so aufgestellt, daß die Mitte jeder Röhre sich im Niveau mit der Mitte des Ankers befand, in gleichem Abstände von jeder Seite desselben. Wenn man unter diesen Umständen den Hebel in Schwingungen versetzte, so geschahen diese, vermöge des Gewichts der ganzen Vorrichtung und der geringen Torsionskraft der Coconfasern, mit großer Langsamkeit.

2774. So wie die Magnetkraft in Wirksamkeit gesetzt ward, änderte sich Alles. Die Sauerstoff-Röhre wurde

sogleich einwärts, gegen die Axe, getrieben, und die Stickstoffröhre auswärts, nach entgegengesetzter Seite. Die Waage schwang über ihren neuen Ruhepunkt hinaus und kehrte mit bedeutender Kraft zurück, solchergestalt viele Schwingungen in derselben Zeit machend, die zuvor von einer einzigen ausgefüllt ward. Nachdem sie zur Ruhe gekommen war, stand die Sauerstoffröhre etwa $\frac{1}{8}$ Zoll vom Eisenkern, die Stickstoffröhre dagegen $\frac{4}{8}$ Zoll. Zehn Umdrehungen der Torsionsaxe änderten diese Abstände nur in schwachem Grade.

2775. Die Wirkungen, welche die gegenseitige Selbst-Ajustirung des Sauerstoffs und Stickstoffs, was ihren Ort in Bezug auf die Magnetaxe betrifft, bedingen, sind sehr einfach und einleuchtend. Zunächst ist das Gas der Röhren diamagnetischer als das umgebende Medium, die Luft (2424), und deshalb strebt es auswärts zu gehen; allein da beide Gläser von gleicher Beschaffenheit sind, so streben sie, bei gleichen Abständen, sich mit gleicher Kraft zu bewegen, und compensiren also einander bei diesen Abständen. Wenn eins derselben einwärts getrieben wird, so gelangt es unter eine grössere Kraft, indem es in einen intensiveren Theil des Magnetfeldes kommt; und das andere, welches zu derselben Zeit auswärts geführt wird, kommt aus demselben Grunde an einen Ort von geringerer Wirkung. Sobald also der Zwang entfernt wird, kehrt das System in seine stabile Gleichgewichtslage zurück, in welcher beide Körper gleichen Abstand von der Magnetaxe haben.

2776. Auch die *Inhalte* der Röhren sind den Magnetkräften unterworfen und wie die Resultate zeigen (2774) in sehr verschiedenem Grade. Entweder strebt der Sauerstoff kräftiger als der Stickstoff nach Innen, oder der Stickstoff kräftiger als der Sauerstoff nach Aussen; und der Unterschied muß sehr groß seyn, denn die Sauerstoffröhre wird der Axe so nahe geführt, daß sie daselbst ohne bedeutenden Zwang nicht einen Augenblick verweilen kann. Die Kraft, mit welcher sich die Röhren in der
aequi-

aequidistanten Lage erhalten würden, combinirt mit der Gröfse der Verschiebung aus dieser Lage, zeigt die Gröfse der Verschiebung der Kraft, welche die vereinte Wirkung des Sauerstoffs und Stickstoffs in einer Richtung, nämlich einwärts, entwickelt, denn wiewohl die Wirkung complicirt ist, ist doch das Resultat einfach. Aus früheren Versuchen ist bekannt, dafs in Luft der Stickstoff aequatorial und der Sauerstoff axial geht ¹⁾; die Stickstoffröhre wird also vermöge einer gewissen Differentialkraft, die vom Flintglase und Stickstoff einerseits, und von dem durch sie verdrängten Luftvolum andererseits abhängt, aequatorial gehen und in gleicher Weise geht die Sauerstoffröhre axial durch eine Differentialkraft, deren Gröfse abhängt von der axialen Tendenz des Sauerstoffs, von der aequatorialen der Röhre und von der vereinten Relation beider zu der durch sie verdrängten Luft. Allein beide Röhren und ihre Inhalte sind durch ihre vereinte Relation zu der Luft und durch ihren mechanischen Zusammenhang so mit einander verknüpft, dafs, wenn eine Kraft (wie die der Torsion) angewandt wird, um ihre aequidistante Lage zu der Magnetaxe wieder herzustellen, jede Betrachtung der Substanz der Röhren und der Luft, als des umgebenden Mittels, überflüssig wird. Die Gase lassen sich als in unmittelbarer Relation zu einander und zu der Magnetaxe, befreit von allen übrigen Einwirkungen, betrachten; und die Kraft, welche erfordert wird, um sie in die *aequidistante* Lage zu bringen, ist das Maafs ihrer magnetischen oder diamagnetischen Differenzen.

2777. Nachdem ich so die allgemeinen Grundsätze der Wirkung erklärt habe, will ich, als Anwendung derselben, zur Construction eines Meßinstruments und zu den damit erhaltenen Resultaten übergehen, weiter als es zur allgemeinen Erläuterung der magnetischen und diamagnetischen Körper und der Bestimmung des wahren Nullpunktes (2721, 2722) erforderlich ist.

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* p. 409. (*Ann.* Bd. LXXIII. S. 268.)

Poggend. Ann. Ergänzungsbd. III.

2778. Die eben beschriebenen Principien befähigen mich zu einer Untersuchungsmethode zurückzukehren, welche früher mir große Hoffnungen erregte (2433), aber plötzlich, durch Mangel an Mitteln zu ihrer Ausführung, abgeschnitten zu seyn schien. Verschiedene Substanzen, magnetische oder diamagnetische, gestatten zweierlei Beobachtungsweisen, die für die Kenntniss ihrer Eigenschaften und ihrer Bestimmung im Haushalt der Natur ungemein belehrend zu seyn versprechen. Ein Gas kann *erwärmt* oder *erkältet* werden und der Temperatur-Effect, welcher bekanntlich sehr wirksam ist ¹⁾, läßt sich nun ohne Volumsveränderung des Gases untersuchen; ebenso kann es in sehr ausgedehntem Grade *verdünnt* oder *verdichtet* werden, und der Effect dieser Veränderung läßt sich unabhängig vom Temperaturwechsel oder der Gegenwart irgend einer andern Substanz ermitteln. Starre und flüssige Körper lassen diese Untersuchungsmethoden nicht zu, und unterstützen also nicht in gleicher Weise wie die Gase die Bestimmung des Nullpunkts und der wahren Unterscheidung vom magnetischen und diamagnetischen Körper.

2779. Es schien mir, daß wenn ein Gas magnetisch wäre, sein Magnetismus abnehmen müßte im Verhältniß zu der Verdünnung, d. h., daß gleiche Volume eines solchen Gases unter verschiedenem Druck um so magnetischer seyn müßten, als sie dichter wären; daß andererseits, wenn ein Gas diamagnetisch wäre, eine Verdünnung den Diamagnetismus desselben schwächen, ja bei Fortsetzung bis zum Vacuum, ganz vernichten müßte. Mit andern Worten, wenn zwei gegenüberliegende Portionen eines und desselben magnetischen Gases, eine lockerer als die andere, zugleich der Magnetkraft ausgesetzt würden, müßte die *dichtere* der axialen Linie genähert oder in den Ort der intensiveren Wirkung gezogen werden; wogegen von zwei ähnlich gegenübergestellten Portionen eines diamagnetischen Gases, bei Unterwerfung der magnetischen Action, die aus-

1) *Philosoph. Magazine* 1847, T. XXXI. p. 409. (Ann. Bd. LXXIII, S. 268.)

gedehntere oder *lockerere* einwärts oder zum Orte stärkerer Wirkung gehen müßte.

2780. Mehre Röhrchen, von ähnlicher Einrichtung wie die schon (2772) beschriebenen und sehr nahe von gleicher Größe (Fig. 15 Taf. I.), wurden mit Sauerstoff gefüllt und hermetisch verschlossen, nachdem die Gasmenge darin mittelst der Luftpumpe auf ein Gewisses zurückgeführt worden war. Das erste enthielt Gas von dem Drucke einer Atmosphäre, das zweite von einer halben Atmosphäre oder 15 Zoll Quecksilber, das dritte von 10 Zoll Quecksilber und das vierte enthielt es so verdünnt, wie es durch eine vortreffliche Luftpumpe herzustellen war. Der Vergleich der ersten mit den drei übrigen lieferte ein sehr auffallendes Resultat. Dem Gase von halber Atmosphäre gegenübergestellt, ging es zu der Axe und trieb das ausgehntere fort; verknüpft mit dem Gas von einer Drittel-Atmosphäre ging es noch kräftiger einwärts oder axial; und mit dem Sauerstoffvacuum verknüpft, stellte es sich dem Eisenkern so nahe, wie früher als es mit Stickstoff verknüpft ward (2774); offenbar war es nur der Diamagnetismus der den Sauerstoff einschließenden Glasröhre (2775) was diesen verhinderte gegen den die Mitte des Magnetfeldes einnehmenden Eisenkern zu pressen.

2781. Beim Experimentiren mit den übrigen Röhren wurden genau dieselben Resultate erhalten. So ging die Röhre mit Gas von einer Drittel-Atmosphäre, verknüpft mit der Vacuum-Röhre, einwärts oder trieb die letzteren auswärts, d. h. war magnetischer als sie; allein verknüpft mit dem Gase von halber Atmosphäre, ging sie auswärts, das dichtere Gas also einwärts. Jede Röhre, verknüpft mit einer anderen voll lockereren Gases, ging einwärts oder magnetisch, dagegen bei Verknüpfung mit einer anderen voll dichteren Gases, auswärts. So weit ich bei diesen vorläufigen Versuchen ermitteln konnte, schien die Tendenz zum Einwärts- oder Axialgehen proportional der Dichtigkeit des Gases zu seyn; indess soll die genaue Messung dieser Kräfte hernach gegeben werden.

2782. Somit scheint also der Sauerstoff eine sehr magnetische Substanz zu seyn, denn er geht mit bedeutender Kraft axial oder von schwächeren zu stärkeren Orten der Kraft, ein Schlufs, der mit dem Resultate früherer Beobachtungen übereinstimmt¹⁾. Ueberdies geht er kräftiger einwärts, wenn er dichter als wenn er locker ist, und diese Tendenz scheint proportional seiner Dichte zu seyn. So wie also der Sauerstoff entfernt wird, verschwindet auch die Magnetkraft mit ihm, bis bei Erreichung eines Vacuums, wenig oder nichts von der Anziehung oder Einwärts-Kraft übrig bleibt. Ohne Zweifel könnte man sagen, der dichte Sauerstoff sey weniger diamagnetisch als der lockere oder als ein Vacuum. Allein damit würde man auch sagen, die Kraft einer Substanz, wie Sauerstoff, nehme zu im Verhältnifs als die Menge der Substanz abnimmt, und das scheint mir nicht philosophisch zu seyn. Ueberdies giebt es, wie man bald sehen wird, noch andere Gründe, welche zeigen, dafs der bei Fortschaffung des Sauerstoffs verschwindende Magnetismus dem Sauerstoff angehört, dieser also eine wahrhaft magnetische Substanz ist.

2783. Nun wurde *Stickstoff*, als der andere und gröfsere Theil der Atmosphäre, dem Versuch unterworfen, und zur Füllung von drei Röhren verwandt; die eine enthielt das Gas von 30 Zoll Quecksilberdruck, die zweite von 15 Zoll, und die dritte höchst möglich verdünnt (2780). Als diese im Magnetfelde mit einander verglichen wurden, erwiesen sie sich so nahe gleich, dafs sie nicht von einander zu unterscheiden waren d. h. sie behielten gleichen Abstand von der Magnetaxe. Ich will damit nicht sagen, dafs Stickstoff unter verschiedenem Druck sich bei gleichem Volume absolut gleich verhalte (ein jetzt in Arbeit befindliches Instrument wird mich späterhin in Stand setzen, diese Punkte mit unendlich gröfserer Genauigkeit zu vergleichen und zu messen); allein, verglichen mit dem Sauerstoff, haben die

1) *Phil. Magazine* 1847 Vol. XXXI. p. 410, 415. (Ann. Bd. LXXIII. S. 268 und 277.)

großen und ungewöhnlichen Unterschiede, welche dort die Verdünnung hervorbringt, hier keine entsprechenden. Wenn es überhaupt welche giebt, sind sie für jetzt unmerklich, und können für den Hauptzweck dieses Aufsatzes und für die Bestimmung des Nullpunktes zwischen magnetischen und diamagnetischen Körpern gänzlich vernachlässigt werden.

2784. Der Stickstoff scheint also weder magnetisch noch diamagnetisch zu seyn; wäre er eins von beiden, so könnte die Verdünnung nicht so einflußlos auf ihn seyn; er verhält sich wie ein Vacuum. Betrachtet man einen gegebenen Raum als ein Vacuum, in welches allmählig Sauerstoff oder Stickstoff eingeführt wird; so wird der Raum, so wie Sauerstoff hinzugefügt wird, immer magnetischer d. h. immer geeigneter, die durch dieses Wort bezeichnete Art von Wirkung zuzulassen; allein eine entsprechende Hinzufügung von Stickstoff zum leeren Raum bewirkt weder diese noch die entgegengesetzte Art von Wirkung; mithin ist der Stickstoff weder magnetisch, noch diamagnetisch, sondern dem Raume selber gleich.

2785. Bisjetzt habe ich auf der diamagnetischen Seite des Nullpunktes kein Gas gefunden, welches in der großen Wirkung der Verdünnung irgend wie mit dem Sauerstoff zu vergleichen wäre. Für jetzt kann ich nur ölbildendes Gas und Cyan als Substanzen nennen, die einwärts oder zu der axialen Linie gehen, so wie sie mehr verdünnt werden. Sie liegen also nicht auf dem Nullpunkt, sondern auf entgegengesetzter Seite wie der Sauerstoff, sind diamagnetische Körper. Fehlte uns aber eine Substanz, die stark und unläugbar diamagnetisch wäre, und die, dem Raum hinzugefügt, denselben diamagnetisch machte, wie der Sauerstoff ihn magnetisch macht, so hätten wir eine solche am Flintglase oder am Phosphor. Wenn diese Substanzen, bei ähnlicher Größe und Gestalt, mit Stickstoff oder einem Vacuum, an der Torsionswaage, verglichen werden, gehen sie mit vieler Kraft auswärts; und wahrscheinlich ist es nur der große Diamagnetismus des Gases der Röh-

ren, welche beim ölbildenden und anderen Gasen verhindert, daß der Effect der Verdünnung sichtbar wird.

2786. Wenn eine Röhre mit irgend einem Gase gefüllt, dann so stark wie möglich ausgepumpt und nun hermetisch verschlossen wird, so kann man annehmen, sie enthalte das, was man für gewöhnlich ein Vacuum nennt. Ich habe viele solcher Vacua hergestellt, und es sey mir erlaubt, sie nach den Gasen zu nennen, von denen noch Spuren darin geblieben sind. Beim Vergleiche solcher Vacua im Magnetfelde (2773), schienen sie mir in jeder Beziehung gleich zu seyn; das Sauerstoff-Vacuum war nicht magnetischer als das des Wasserstoffs, Stickstoffs oder ölbildenden Gases. Ihre Unterschiede waren jedenfalls weit kleiner als die Unterschiede, welche durch eine Verschiedenheit in der Gestalt und Beschaffenheit des Glases veranlaßt seyn konnten; und sie lassen sich nur durch die späterhin angewandten Mittel auffinden (2783); ich bin vollkommen überzeugt, daß sie zuletzt nahe gleich gefunden werden, und sich einem vollkommenen Vacuum dicht anreihen.

2787. Vor der Bestimmung des Nullpunktes zwischen magnetischen und diamagnetischen Körpern, haben wir den wahren Charakter und die Relation des von jeder materiellen Substanz freien *Raums* zu betrachten. Obwohl man einen von Materie vollkommen freien Raum nicht darstellen kann, so kann man sich ihm doch durch ein sorgfältig dargestelltes Torricellisches Vacuum sehr nähern. Vielleicht ist es kaum nöthig anzugeben, daß ich sowohl Eisen als Wismuth in einem solchen Vacuum dem Magnet vollkommen gehorchen sah. Aus solchen Versuchen und auch aus allgemeinen Betrachtungen und Erfahrungen ist klar, daß die Magnetkraftlinien (2148) den reinen Raum durchdringen, wie es die Schwerkraft und die Kraft der statischen Elektricitäten thut (2616), und deshalb hat der Raum eine magnetische Relation aus sich selbst, eine, welche wir künftig wahrscheinlich als von der äußersten Wichtigkeit für Natur-Erscheinungen finden werden. Allein dieser Cha-

rakter des Raums ist nicht von gleicher Art wie der, welchen wir, in Bezug auf Materie, uns bemühen durch die Worte magnetisch oder diamagnetisch auszudrücken. Sie zusammenwerfen, hiefse Raum und Materie verwechseln und alle Begriffe verwirren, durch welche wir uns bemühen eine fortwährend klarere Einsicht in die Wirkungsweise und die Gesetze der Naturkräfte zu erlangen. Es wäre, wie wenn man bei der Gravitation oder den elektrischen Kräften (1613) die auf einander wirkenden Theilchen verwechseln wollte mit dem Raum, durch welchen hin sie wirken; und das würde glaube ich die Thür zum Fortschritt verschliessen. Bloßer Raum kann nicht wirken wie die Materie, selbst wenn man gestattet bis zur Hypothese eines Aethers zu geben; und bei Annahme dieser Hypothese wäre es eine neue Willkührlichkeit, vorauszusetzen, daß die Magnetkraftlinien Vibrationen eines solchen Aethers seyen (2591), da wir bisjetzt keine Beweise haben, daß Zeit zu ihrer Fortpflanzung erfordert werde, oder darüber, wie sie im allgemeinen Charakter mit den respectiven Linien der Gravitation, des Lichtes und der elektrischen Kräfte übereinkommen oder von ihnen abweichen.

2788. Ebenso wenig kann man annehmen, der Raum enthalte um seine Punkte solche Circularströme, wie nach der Ampère'schen Hypothese um die Theilchen der gewöhnlichen Materie existiren, und wie ich selbst einmal als in entgegengesetzter Richtung um die Theilchen der diamagnetischen Substanzen vorhanden angenommen hatte (2429, 2640). Die Einbildungskraft, gezügelt durch philosophische Betrachtungen, findet im reinen Raume Nichts, um welches die Ströme circuliren oder mit welchem sie irgend wie verknüpft seyn könnten; und die Schwierigkeit, wenn sie nicht schon unermesslich ist, würde noch größer für Die, welche etwa die magnetischen und diamagnetischen Körper als von gleicher Natur betrachten und deshalb in beiden gleiche Ströme annehmen müssen; denn es scheint nicht möglich zu seyn, z. B. Phosphor von solcher magnetischen Con-

stitution dem als ähnlich constituirt vorausgesetzten Raum hinzufügen und doch als Resultat eine Verringerung der magnetischen Kräfte des Raums zu erhalten.

2789. Da also der Raum für sich unabhängig von Materie und in anderer Weise besteht, so müssen die verschiedenen Varietäten der Materie, hinsichtlich der respectiven Quantitäten, unter einander betrachtet werden. Diejenigen, welche, dem Raume hinzugefügt, keine Wirkung hervorbringen, scheinen mir neutral zu seyn, oder auf dem Nullpunkt zu stehen. Diejenigen, welche einen Effect von einer Art liefern, stehen auf der einen Seite dieses Nullpunkts, und die, welche den entgegengesetzten Effect erzeugen, auf der anderen Seite desselben, somit zwei Klassen von Körpern bildend, magnetische und diamagnetische. Das Gesetz, welches ich früher aufzustellen wagte (2267. 2418) drückt noch genau ihre Beziehungen aus; denn im absoluten Vacuum oder freien Raum sucht ein magnetischer Körper von schwächeren zu stärkeren Wirkungsarten zu gehen, und ein diamagnetischer Körper unter gleichen Umständen von stärkeren zu schwächeren.

2790. Nun, da der *wahre Nullpunkt* gefunden ist und er die große Mannigfaltigkeit materieller Substanzen in zwei allgemeine Klassen theilt, scheint mir, bedarf es, um Verwirrung zu vermeiden, eines andern Namens für die magnetische Klasse. Das Wort *magnetisch* muß allgemein genommen und alle vom Magnetismus hervorgebrachten Phänomene und Effecte umschließen. Dann aber ist für die der diamagnetischen Klasse entgegenstehende Abtheilung ein Wort nothwendig. Da die Sprache dieses Zweiges der Wissenschaft wohl bald eine allgemeine und sorgfältige Abänderung verlangt, so habe ich, mit Hülfe eines Freundes geglaubt, daß auch ein nicht mit Sorgfalt gewähltes Wort schon vorläufig von Nutzen seyn könnte; da der Magnetismus des Eisens, Nickels und Kobalts, wenn sie im Magnetfelde sind, dem der Erde als Ganzes gleich ist, und sie, wirksam gemacht, sich deren Axe oder Magnetkraftlinien parallel stellen, so habe ich gemeint, daß sie und ähnliche

Körper (jetzt auch der Sauerstoff) paramagnetische genannt werden könnten, so daß also die

magnetischen zerfallen in $\left\{ \begin{array}{l} \text{paramagnetische} \\ \text{diamagnetische.} \end{array} \right.$

Sollte dieser Versuch zur Erleichterung des Ausdrucks nicht beifällig aufgenommen werden, wird er hoffentlich Entschuldigung finden.

2791. Vermöge der Gegenwart des Sauerstoffs in der Luft, ist diese als Ganzes ein magnetisches Medium von nicht geringer Kraft. Alle vergleichenden Versuche über den Diamagnetismus anderer Gase, die man in Strömen durch die Luft oder durch einander gehen läßt ¹⁾, erfordern also eine Berichtigung, welche bisweilen einen solchen Körper auf die paramagnetische Seite des Nullpunkts bringen kann. Ich hoffe jedoch bald im Stande zu seyn, nicht allein den Ort von Körpern, sondern auch die relativen Grade ihrer Kraft, bei gleicher und bei verschiedener Temperatur, mit einer Genauigkeit bestimmen zu können, die sehr zur ferneren Entwicklung dieses Zweiges der Wissenschaft dienen wird.

2792. Unter den bisher untersuchten Gasen, ist keins, welches mit dem Sauerstoff verglichen werden könnte. Neben demselben sind die folgenden vergleichungsweise indifferent: Chlor, Bromdampf, Cyan, Stickgas, Wasserstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, ölbildendes Gas, Stickstoffoxydul und -Oxyd, salpetrigsaurer Dampf, Salzsäure, schweflige Säure, Jodwasserstoffsäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Steinkohlengas, Aetherdampf und Schwefelkohlenstoffdampf; denn obwohl einige, wie ölbildendes und Cyan-Gas, etwas diamagnetisch zu seyn scheinen, und andere wie Stickstoffoxydul und Stickstoffoxyd magnetisch sind, so verschwinden doch ihre Wirkungen im Vergleich zu der des Sauerstoffs.

2793. Ich hoffe später den richtigen Ausdruck für die

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* p. 407, 420 etc. (*Ann. Bd. LXXIII.* S. 265 und 283.)

paramagnetische Kraft des Sauerstoffs (2783) zu geben, mittlerweile will ich versuchen hier, zu den früheren, noch ein Paar rohe Schätzungen ihrer Stärke zu liefern. Die Räumlichkeit der mit Sauerstoff von einem Atmosphären-Druck gefüllten Röhre beträgt nicht ganz 0,34 Kubikzoll; der Sauerstoff darin wiegt also 0,117 Gran. Ich bemühte mich diese Menge zunächst mit weichem Eisen zu vergleichen, und hing daher ein Zehntel dieses Gewichts oder 0,012 Gran Eisen vermöge eines zarten Platindrahts mitten in einem Gefäße auf, welches an Gröfse dem den Sauerstoff einschließenden entsprach, pumpte dieses Gefäßs aus und schmolz es hermetisch zu. Der Sauerstoffröhre im Magnetfelde gegenübergestellt, fand sich, wie erwartet ward, dafs es an Magnetkraft den Sauerstoff weit übertraf. Da es unbequem war, das Eisen noch kleiner, oder das Sauerstoffvolum noch gröfser zu nehmen, so wurde eine andere Substanz zum Vergleich gewählt.

2794. Ich löste 100 Gran von reinem, gut krystallisirtem Eisenvitriol in destillirtem Wasser und verdünnte die Lösung soweit, bis ein Glaskölbchen, von nahe gleicher Gröfse wie das Sauerstoffkölbchen, damit gefüllt, der Kraft des Sauerstoffkölbchen gleich war, oder beide, so weit ich durch meine gegenwärtigen Beobachtungsmittel mochte beurtheilen, gleich weit von der axialen Linie abstanden. Bei dieser Verdünnung nahm die Lösung ein Volum von $17\frac{1}{2}$ Kubikzoll ein. Da das Sauerstoff-Volum nur 0,34 Kubikzoll (2793), betrug, so würde ein solches Volum von der Lösung sehr nahe 2 Gran krystallisirten Eisenvitriols enthalten, entsprechend 0,4 Gran metallischen Eisens. Bei gleichem Volum ist also der Sauerstoff ebenso magnetisch wie eine wässrige Eisenvitriol-Lösung, die das 17fache Gewicht des Sauerstoffs an krystallisirtem Eisenvitriol oder das 3,4fache Gewicht an metallischem Eisen in diesem Verbindungszustand enthält.

2795. Ferner wurden die Röhren, welche respective Sauerstoff von einer Atmosphäre und ein Vacuum (2780) enthielten, einen Zoll auseinander, zu beiden Seiten der

Magnetaxe angebracht und dann die Magnetkraft entwickelt. Der Sauerstoff näherte sich natürlich der Magnetaxe und das Vacuum ging aequatorial. Ein vor der Lampe ausgezogener und auf einem Fusse befestigter Glasfaden von 6 Zoll wurde angewandt, um mit seinem Ende die Sauerstoffröhre in ihre frühere Lage zurtückzuführen und mit der Vacuum-Röhre in gleichen Abstand von der Magnetaxe zu bringen. In dieser Lage würden die beiden Röhren, was das Glas betrifft, einander neutralisiren (2775); und betrachtet man das Vacuum als Null, oder den Sauerstoff als alleinig wirksam, so ist die Kraft, welche erforderlich war, um letzteren festzuhalten, diejenige, mit der er im Abstände von einem halben Zoll zu der Magnetaxe zu gehen trachtete. Die Biegung des Glasfadens, an dem Orte, wo sie die Röhre hielt, betrug etwas mehr als einen Zoll. Fortgenommen und in horizontale Lage gebracht (auch um 90° um seine Axe gedreht, damit der Faden in derselben Richtung gebogen würde wie zuvor), wurde er dort, wo er früher die Röhre berührt hatte, mit Gewichten beschwert, bis dieselbe Biegung wie zuvor erreicht war. Es war dazu etwas mehr als ein Zehntel-Gran erforderlich, was, wenn man erwägt, daß der Sauerstoff nur 0,117 Gran wog und kein Theil desselben der Magnetaxe näher lag, sein mittlerer Abstand von ihr sogar mehr als einen Zoll betrug, einen hohen Begriff von der Magnetkraft desselben giebt.

2796. Es ist kaum nöthig zu sagen, daß der Sauerstoff, bei einem so merkwürdigen und hohen Grad von Magnetkraft, nicht in der Atmosphäre existiren kann, ohne nicht auf die Anordnung des Magnetismus der Erde einen höchst wichtigen Einfluß auszuüben, besonders wenn man erwägt, daß seine Magnetkraft durch Veränderungen der Dichte und der Temperatur so sehr verändert wird¹⁾. Ich glaube hierin die wahre Ursache der mannigfaltigen Veränderungen des tellurischen Magnetismus zu erblicken, die man an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche mit so vieler Sorgfalt verfolgt hat und noch verfolgt. Das gilt

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* p. 417. (*Ann.* Bd. LXXIII. S. 280.)

sowohl von der täglichen wie von der jährlichen Veränderung ebenso von sehr vielen der unregelmäßigen Variationen, welche durch die photographischen Aufzeichnungsmethoden so schön hervortreten. Bestätigen sich diese Ansichten, zeigt sich, daß der Einfluß der Atmosphäre im Stande ist dergleichen Resultate hervorzubringen, so werden wir auch wahrscheinlich eine neue Relation zwischen dem Nordlicht und dem Erdmagnetismus auffinden, nämlich eine Relation mehr oder weniger hergestellt durch die Luft selbst, in Verbindung mit dem Raum über ihr; und selbst magnetische Relationen und Variationen, die bisjetzt nicht geahnet werden, können bei fernerer Entwicklung dessen, was ich *atmosphärischen Magnetismus* (2847 etc.) zu nennen wage, aufgefunden und meßbar gemacht werden. Vielleicht bin ich in diesen Hoffnungen zu sanguinisch, allein bisjetzt finde ich mich bestärkt in denselben durch die anscheinende Wahrheit, Einfachheit und Hinlänglichkeit der vorausgesetzten Ursache. Sobald ich diese Ansichten genügend erwogen, und an den Beobachtungen geprüft haben werde, werde ich mich beehren sie der Königl. Gesellschaft vorzulegen.

Royal Institution, 2. August 1850.

V. *Sechs und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;
von Michael Faraday.*

(Aus derselben Quelle wie die vorige Abhandlung.)

§. 32. Magnetisches Leitvermögen.

I. Magnetische Leitung.

2797. Die in einer früheren Reihe dieser Untersuchungen (2757 etc.) gegebenen merkwürdigen Resultate hinsichtlich der kräftigen Tendenz gewisser gasförmiger Substanzen, je nach ihrer Beziehung zu anderen gleichzeitig an-